ÜBER
DIE DIMENSIONEN DES BOGENGANGSSYSTEMS BEI DEN WIRBELTHIEREN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

DER

MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

KÖNIGL. CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL

VORGELEGT

VON

BINER WULF

AUS BREDSTEDT,

ASSISTENZARZT AM ANSCHARKRANKENHAUS IN KIEL.

LEIPZIG,

VEIT & COMP.

1901.

ÜBER
DIE DIMENSIONEN DES BOGENGANGSSYSTEMS BEI DEN WIRBELTHIEREN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

DER

MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

KÖNIGL. CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL

VORGELEGT

VON

BINER WULF
AUS BREDSTEDT,
ASSISTENZARZT AM ANSCHARKRANKENHAUS IN KIEL.

LEIPZIG,
VEIT & COMP.
1901.

Nr. 87. Rectoratsjahr 1900/1901. Ref. Dr. Hensen.
Zum Druck genehmigt. Werth, z. Z. Dekan.

Diese Arbeit erscheint im
Archiv für Anatomie und Physiologie. 1901. Anatomische Abtheilung.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Allgemeine Bemerkungen über die Art der Messung.

Instrumente. — Benutzt wurde eine Schubleere, welche eine Messung auf $^1/_{10}$ mm gestattet, und ein Objectivmikrometer, der die x- und y-Ordinate auf $^1/_{1000}$ mm ausmisst. Die Schubleere wurde zur Ausmessung der Längenverhältnisse bei den zuerst untersuchten Thieren benutzt. Mit dem Objectivmikrometer wurden alle Querschnittsmaasse ermittelt. Bei den meisten Thieren wurden auch die Längenmaasse mit Hülfe des letzteren festgestellt.

Methode der Längenmessung. — Um die Längen der häutigen Theile des Bogengangssystems messen zu können, wurden diese aus den knöchernen, bezw. knorpeligen Hüllen herauspräparirt. Dann wurden die starrhäutigen Bogengänge, falls dies nicht schon zum Zweck der Herausnahme geschehen war, in der Mitte zwischen Ampulle und Einmündungsstelle in den Utriculus durchgeschnitten. Am gestreckten Präparat konnten dann die einzelnen Längenmaasse ermittelt werden. Nur bei dem Kaninchen wurde wegen der Schwierigkeit der Herausnahme auf die Längenmessung am häutigen Präparat verzichtet, und diese auf einem durch die Ebene des knöchernen Canals gelegten Schnitt vorgenommen, indem einzelne markirte kleine Stücke mit dem Mikroskop der Reihe nach gemessen wurden. Dasselbe Verfahren wurde bei einigen Präparaten vom Menschen angewandt, und zwar bei den von ganz jugendlichen Individuen stammenden. Nur bei den älteren Individuen war nämlich die Herausnahme des Utriculus und der starrhäutigen Bogengänge in toto möglich. Bei den Säugethieren wurden ferner die Längenmaasse der weichhäutigen Utriculustheile (incl. des Alveus communis) immer mittels Zirkels am knöchernen Präparat

gemessen, obwohl die heilen häutigen Gebilde vorlagen. Aber die Ausmessung der einzelnen, in verschiedenen Ebenen zusammenstossenden weichhäutigen Theile machte so erhebliche Schwierigkeiten, dass jene Messung mittels des Zirkels ein genaueres und sicher richtiges Resultat versprach.

Methode der Querschnittsrechnung. — Zur Bestimmung der Weiten der starrhäutigen Bogengänge (Flächeninhalt des senkrechten Querschnitts = Weite) wurden Querschnitte durch diese mit einem Präparirmesser aus freier Hand gemacht. Sie wurden wegen der verschiedenen Weite desselben starrhäutigen Bogenganges an möglichst homologen Stellen angelegt. Mittels des Objectivmikrometers wurden die Längs- und Querdurchmesser gemessen, aus denen dann der Flächeninhalt berechnet wurde.

Zur Bestimmung der Ampullenweite wurde jedes Mal ein senkrechter Querschnitt in der Ebene der Crista acustica gemacht. An diesem wurden zur Bestimmung des Flächeninhaltes Abscissen im Abstande von 0·100 mm und die zugehörigen Ordinaten ausgemessen. Sodann wurde der Flächeninhalt auf quadrirtem Papier darnach ermittelt.

Zur Bestimmung der Lage der häutigen Gebilde in den knöchernen, bezw. knorpeligen Canälen wurden am gehärteten, entkalkten und in Celloidin fixirten Präparat Schnitte ausgeführt.

Cubikinhalt. — Den Cubikinhalt der starrhäutigen Bogengänge wie Ampullen erhalten wir, wenn wir die Länge mit der Weite multipliciren. Die für ihn berechneten Maasse sind, weil sie sich aus den obigen bekannten Grössen ergeben, in den Durchschnittstabellen nicht mit angeführt. Für den Cubikinhalt der Ampullen ist noch Folgendes zu bemerken: Die Länge der Ampullen ist so ausgemessen, als wenn das Ampullenlumen gerade verliefe, während es in Wirklichkeit in einem Bogen über die Crista acustica hinzieht. Die Länge des Ampullencanales ist also zu klein angegeben; der Cubikinhalt würde daher auch zu klein sein. Die Weite der Ampulle ist auf der anderen Seite aber nicht überall so gross, wie über der Crista acustica. Denn die Ampulle verjüngt sich nach beiden Enden zu. Darnach würde das Resultat für den Cubikinhalt zu gross sein. Da nun aber diese beiden Fehler in entgegengesetztem Sinne gemacht werden, dürften sie sich ungefähr gegenseitig aufheben, so dass wir doch annähernd ein richtiges Resultat für den Cubikinhalt erhalten.

Knöcherne Canäle. — Die Länge der knöchernen bezw. knorpeligen Canäle ist nur bei solchen Thieren gemessen, bei welchen jene nicht überall die häutigen Theile einschliessen, sondern nur streckenweise. Ferner wurde auch da nur annähernd die Länge bestimmt, indem mittels Zirkels die innere Wand des knöchernen Canales gemessen wurde. Es ist also die Sehne statt des Bogens bestimmt. Der so gemachte Fehler ist wegen der Kürze des knöchernen Canales nicht sehr gross. Die genaue Ermittelung

dürfte auch nur von geringem Interesse sein. Bei den übrigen Thieren haben wir ein Maass für die Länge der knöchernen Canäle in derjenigen der häutigen Theile. Da diese immer an der Aussenwand des knöchernen Canales anliegen, decken sich die Längen beider Gebilde fast völlig. Die Weite der knöchernen Canäle wurde auf dieselbe Weise wie die der starrhäutigen Bogengänge bestimmt.

Allgemeine Bemerkungen. — Ich schreibe immer (z. B. in den Tabellen) den vorderen starrhäutigen Bogengang bezw. Gesammtbogen bezw. knöchernen Canal u. s. w. an erster Stelle, den hinteren starrhäutigen Bogengang u. s. w. an zweiter, den horizontalen u. s. w. an dritter Stelle. Sage ich also, die starrhäutigen Bogengänge verhalten sich wie 5 : 6 : 7, so ist damit gemeint, falls der vordere starrhäutige Bogengang die Länge 5 hätte, so hätte der hintere die Länge 6, der horizontale die Länge 7.

Ferner erwähne ich, dass manche Maasse bei den zuerst untersuchten Thieren (Dorsch, Taube) nicht so vollständig ermittelt sind als bei den später untersuchten, da es mir einmal im Anfang noch nicht so klar war, auf welche Maasse es besonders ankam, und da ferner auch die Geschicklichkeit in der Herausnahme der häutigen Gebilde mit der Uebung wuchs. Aus diesen Gründen sind z. B. die Messungen bei der Ente vollständiger als bei der ganz im Anfang untersuchten Taube. Vor allem sind die Querschnitte durch die Ampullen zum Zwecke ihrer Weitenbestimmung im Anfang nur an einem Exemplar gemacht, und zwar beim Dorsch, Häring, Butt und bei der Taube. Bei den übrigen Thieren sind die Querschnitte durchweg bei allen untersuchten Exemplaren geglückt mit Ausnahme des Menschen, bei welchem die Weiten aller 3 Ampullen bei 2 Exemplaren und diejenige je zweier Ampullen bei zwei weiteren Exemplaren bestimmt sind.

Durch letzteres erklärt es sich, dass vereinzelt zur Bestimmung des durchschnittlichen absoluten Maasses einer bestimmten Dimension mehr Resultate zur Verfügung standen als zur Bestimmung des durchschnittlichen relativen Maases, bezw. auch umgekehrt. Dann decken sich das absolute und relative Maass nicht ganz. Stösst man auf einen derartigen scheinbaren Fehler in den Durchschnittstabellen, so mag diese Bemerkung zur Erklärung dienen.

Die hinzugefügten Skizzen sollen nur die Form-, nicht die Grössenverhältnisse wiedergeben.

Die Untersuchung und Ausmessung des Bogengangssystems bei verschiedenen Wirbelthierklassen und -species zeigt uns, dass einerseits manche Verhältnisse, die bei jedem, bezw. vielen Thieren wiederkehren, andererseits auch auffallende Verschiedenheiten vieler Species sich vorfinden. Diese aus den Messungen gezogenen Resultate möchte ich hier kurz anführen.

Die Längenverhältnisse.

Die drei starrhäutigen Bogengänge je eines Exemplares einer Thierspecies sind von verschiedener Länge. Für das Verhältniss ihrer Längen ergeben sich folgende Regeln:

1. Bei derselben Thierspecies stehen die Längen der drei starrhäutigen Bogengänge in einem für alle Exemplare gleichsinnigen Verhältniss. Also bei verschiedenen Exemplaren ist derselbe starrhäutige Bogengang immer der längste, derselbe immer der kürzeste. Nur beim Butt ist ganz unregelmässig bald der eine, bald der andere starrhäutige Bogengang der längste, ein Verhalten, das ja vielleicht durch den schiefen Bau des Schädels bedingt ist, übrigens durch das Verhalten der weichhäutigen Theile für die Länge der Gesammtbögen ausgeglichen wird.

2. Bei verschiedenen Exemplaren einer Species ist die absolute Länge der starrhäutigen Bogengänge aber nicht immer dieselbe. Es können z. B. alle drei starrhäutigen Bogengänge bei dem einen Thier länger sein als bei dem anderen. (Individuelle Schwankung des absoluten Maasses.) Hierbei können sie relativ noch bei beiden gleich lang sein, sich z. B. wie 5 : 6 : 7 verhalten.

3. Aber auch die Grösse dieses relativen Maasses ist bei den einzelnen Exemplaren einer Species verschieden. Jeder starrhäutige Bogengang kann verhältnissmässig lang bezw. kurz sein. (Individuelle Schwankung des relativen Maasses.)

4. Bei einigen Thierspecies übt ferner noch das Alter der einzelnen Exemplare einen Einfluss auf die Länge der starrhäutigen Bogengänge aus. (Altersschwankung.) Diese ist beim Dorsch sicher nachgewiesen (s. Tab.), beim Menschen sicher ausgeschlossen.

Alle diese Schwankungen finden jedoch immer statt im Rahmen des oben festgelegten „constant gleichsinnigen Verhältnisses“.

Bei verschiedenen Thierspecies, auch solchen einer Classe, ist das relative Maass der Bogengangslängen häufig verschiedensinnig. Es ist also bei der einen Species z. B. der hintere starrhäutige Bogengang constant der längste, bei der zweiten der vordere, bei einer dritten der horizontale. Nur bei der Classe „Vögel“ weisen die drei untersuchten Species ein gleichsinniges relatives Maass der Bogengangslängen auf. Dass das absolute Maass der Bogengangslängen bei den verschiedenen Thierspecies sehr verschieden gross ist, bedarf kaum der Erwähnung.

Die drei Ampullen je eines Exemplares einer Thierspecies sind nicht gleich lang. Die Längenunterschiede sind allerdings so gering, dass sie für die Länge der Gesammtbögen nicht in Betracht kommen. Für diese können die drei Ampullen als gleich lang gelten. Von grösserer Bedeutung sind

die Längenunterschiede aber für die Grösse des Cubikinhaltes der Ampullen. Im Hinblick hierauf ist eine Besprechung der Längenverhältnisse der Ampullen angezeigt. Zunächst muss zurückverwiesen werden auf das über die Art der Längenmessung der Ampullen Gesagte. (S. einleitende Bemerkungen unter Cubikinhalt.) Ferner erwähne ich hier noch, dass die genaue Messung der Ampullenlänge deshalb die schwierigste von allen ist, weil man keinen ganz bestimmten Anfangs- und Endpunkt der Messung hat. Und da die Längenunterschiede nur sehr gering sind (1 bis 2, in seltenen Fällen 3 Zehntel Millimeter), hat jeder kleine nicht ganz zu vermeidende Messungsfehler eine um so grössere Bedeutung. Hierauf mögen vielleicht die vorkommenden Unregelmässigkeiten im Verhältniss der Ampullenlänge beruhen.

Die Längen der drei Ampullen stehen bei den verschiedenen Exemplaren einer Species in einem gleichsinnigen Verhältniss; jedoch ist dies bei einigen Species nicht ganz constant bei allen Exemplaren der Fall.

Für die Ampullenlänge bei verschiedenen Exemplaren findet sich eine individuelle Schwankung des absoluten Maasses, ferner des relativen und eventuell auch eine Altersschwankung, immer natürlich in engen Grenzen und allermeist innerhalb eines für die Species geltenden gleichsinnigen Verhältnisses. Die Schwankungen des absoluten Maasses machen sich im Allgemeinen in der Weise geltend, dass zu den längeren entsprechenden starrhäutigen Bogengängen auch längere Ampullen gehören.

Das relative Maass der drei Ampullen eines Thieres stimmt bei manchen Species dem Sinne nach mit demjenigen der starrhäutigen Bogengänge überein, aber durchaus nicht bei allen (s. Tabelle). Bei fast allen Species sind aber die Längenunterschiede der drei Ampullen eines Thieres auch verhältnissmässig bei Weitem nicht so gross, wie diejenigen der starrhäutigen Bogengänge.

Die weichhäutigen Theile des Utriculus, zu denen der Alveus communis mitgerechnet wird, machen einen sehr wesentlichen Bestandtheil des Gesammtbogens in Bezug auf seine Länge aus. Bei manchen Thieren kann ihre Länge ebenso gross sein, wie diejenige der starrhäutigen Bogengänge.

Bei allen Exemplaren aller Species ist die Länge der weichhäutigen Theile für den vorderen und hinteren Bogen, absolut genommen, grösser als für den horizontalen. Fast immer ist sie auch relativ grösser; nur bei einzelnen Exemplaren einiger Species ist dies nicht der Fall. Dies Verhalten ist wesentlich bedingt durch den relativ langen Alveus communis, der nur an dem vorderen und hinteren Bogen betheiligt ist, an dem horizontalen dagegen nicht oder nur eine ganz kurze Strecke. Bei den meisten Thierspecies ist ferner die Länge der weichhäutigen Theile für den vorderen Bogen grösser als für den hinteren, weil der vordere Utriculus-

schenkel länger ist als der hintere. Nur bei den meisten Exemplaren vom Dorsch und Butt und beim Huhn ist umgekehrt der hintere Utriculusschenkel länger als der vordere und daher die Länge der weichhäutigen Theile für den hinteren Bogen am grössten. Die Wirkung dieser Verhältnisse sieht man am besten an dem relativen Maass der Gesammtbogenlänge.

Bei verschiedenen Exemplaren einer Species ist die Länge der weichhäutigen Theile nicht gleich gross; sondern bei den meisten Species schwankt sie dem Sinne nach direct proportional zu den Schwankungen der Bogengangslängen, so dass zu den absolut längeren starrhäutigen Bogengängen auch längere weichhäutige Theile gehören. Aber die letzteren sind doch nicht so lang, wie sie es sein müssten, wenn sie auch der Grösse nach proportional die Schwankungen der Bogengangslängen mitmachten. Denn die Gesammtbögen weichen von ihrem Durchschnittslängenmaas verhältnissmässig nicht so sehr ab als die starrhäutigen Bogengänge von dem ihrigen. Beim Butt und Hecht schwankt die Länge der weichhäutigen Theile aber umgekehrt proportional zu den Schwankungen der Bogengangslängen, so dass hier die weichhäutigen Theile (insbesondere der Alveus communis) relativ lang sind bei Thieren mit relativ kurzen starrhäutigen Bogengängen und umgekehrt. Es findet also eine gewisse Ausgleichung der individuellen Schwankungen des Längenmaasses der starrhäutigen Bogengänge statt, welche besonders beim Butt von Interesse ist (s. o.).

Der Gesammtbogen setzt sich zusammen aus starrhäutigem Bogengang, Ampulle und weichhäutigem Theil. Wegen der relativ geringen Länge der Ampullen sind aber lediglich die starrhäutigen Bogengänge und weichhäutigen Theile von ausschlaggebender Bedeutung für die Längenverhältnisse der Gesammtbögen. Es interessirt nun hauptsächlich, wie sich die Längen der Gesammtbögen zu denjenigen der starrhäutigen Bogengänge verhalten. Bei den meisten Thierspecies stimmt das relative Maass der Gesammtbogenlängen mit demjenigen der Bogengangslängen dem Sinne nach überein, so dass dem längsten bezw. kürzesten starrhäutigen Bogengang auch der längste bezw. kürzeste Gesammtbogen entspricht. Der Grösse nach ist es mit wenigen Ausnahmen darin von ihm verschieden, dass vorderer und hinterer Gesammtbogen den horizontalen relativ mehr an Länge übertreffen, als die entsprechenden starrhäutigen Bogengänge es thun, bezw. dass sie weniger hinter ihm an Länge zurückbleiben, falls der horizontale Gesammtbogen und starrhäutige Bogengang am längsten sind. Von dem vorderen und hinteren Gesammtbogen erscheint ferner fast immer derjenige besonders durch das Hinzukommen der weichhäutigen Theile zu den starrhäutigen Bogengängen vergrössert, dessen starrhäutiger Bogengang am kleinsten war. Dies letztere ist beim Häring und Hecht in solchem

Maasse der Fall, dass der vordere Gesammtbogen länger ist als der hintere, obwohl der vordere starrhäutige Bogengang recht bedeutend kürzer ist. Hierdurch wird also bewirkt, dass bei diesen Thieren das relative Maass der Gesammtbogenlängen mit demjenigen der starrhäutigen Bogengänge nicht übereinstimmt. Beim Butt besteht, wie erwähnt, kein dem Sinne nach constantes relatives Maass der Bogengangslängen. Durch das Verhalten der weichhäutigen Theile wird ein solches aber insofern jedenfalls für die Gesammtbogenlänge hergestellt, als der horizontale Gesammtbogen constant der kürzeste ist.

Bei den verschiedenen Exemplaren derselben Species finden wir wie für die starrhäutigen Bogengänge, so auch für die Gesammtbögen individuelle Schwankungen des absoluten und relativen Längenmaasses, eventuell auch Altersschwankungen innerhalb des für die Species constant gleichsinnigen Verhältnisses. Diese individuellen Schwankungen des absoluten und relativen Maasses sind aber bei allen Species kleiner als diejenigen der starrhäutigen Bogengänge.

Die Weitenverhältnisse.

Die starrhäutigen Bogengänge haben nicht in ihrem Verlaufe überall die gleiche Weite. Sie zeigen vielmehr Erweiterungen und Verengerungen geringeren Grades, wie durch den verschieden grossen Flächeninhalt verschiedener Querschnitte durch denselben starrhäutigen Bogengang bewiesen wird. Um vergleichbare Werthe zu erhalten, wurden, wie erwähnt, die Querschnitte an möglichst homologen Stellen, und zwar fast immer ungefähr in der Mitte der starrhäutigen Bogengänge angelegt. Nun wurde nicht immer eine homologe Stelle getroffen, da sie nach dem Augenmaass bestimmt wurde, oder auch der Querschnitt konnte aus äusseren Gründen nicht an der homologen Stelle angelegt werden. Dies musste natürlich bei der Verwerthung der Resultate im Auge behalten werden. Folgende Regeln habe ich nach den Messungsergebnissen für die Weitenmaasse aufgestellt.

Bei allen untersuchten Thierspecies mit Ausnahme der Schildkröte sind die entsprechenden starrhäutigen Bogengänge aller Individuen an homologen Stellen gleich weit. Die Weite der starrhäutigen Bogengänge macht also die individuellen Schwankungen der Länge weder mit noch gleicht sie diese aus. Auch das Alter der Thiere, welches beim Dorsch für die Längenmaasse so sehr in Betracht kommt, hat auf die Weite der starrhäutigen Bogengänge keinen Einfluss. Denn junge Thiere, deren Bogengangslängen nur halb so gross sind wie diejenigen ausgewachsener, stehen in der Bogengangsweite durchaus nicht hinter jenen zurück. Hier ist also die Weite völlig unabhängig von der individuellen Länge der starrhäutigen Bogengänge.

Nur bei der Schildkröte musste ich eine individuelle Schwankung des absoluten Weitenmaasses constatiren, und zwar der Art, dass der längere der entsprechenden starrhäutigen Bogengänge auch der weitere ist. Eine individuelle Schwankung des relativen Weitenmaasses der drei starrhäutigen Bogengänge je eines Thieres findet jedoch bei der Schildkröte ebensowenig wie bei den übrigen Species statt.

Nach dem relativen Maass der Bogengangsweiten theilen sich nun sämmtliche untersuchte Thierspecies in zwei scharf getrennte Gruppen. Bei der ersten, zu welcher die untersuchten Fische und die Schildkröte gehören, ist der horizontale starrhäutige Bogengang bei Weitem der engste, während die beiden anderen zimlich gleich weit sind. Und zwar sind beim Dorsch und Häring der vordere und hintere starrhäutige Bogengang reichlich 1 Mal so weit, beim Hecht, Butt und bei der Schildkröte ca. $^1/_2$ Mal so weit als der horizontale starrhäutige Bogengang. Dies Verhalten der Bogengangsweiten ist für diese Gruppe durchaus charakteristisch.

Bei der zweiten Gruppe, zu welcher die untersuchten Amphibien, Vögel und Säuger gehören, sind alle drei starrhäutigen Bogengänge an homologen Stellen gleich weit.

Bei allen Thierspecies zeigen also die Bogengangsweiten ein charakteristisches, constantes, relatives Maass, welches ganz unabhängig ist von den Längenverhältnissen der starrhäutigen Bogengänge. Bei der zweiten oben erwähnten Thiergruppe, bei der alle starrhäutigen Bogengänge aller Exemplare einer Species an homologen Stellen die gleiche Weite haben, liegt dies ja auf der Hand, da die Länge der starrhäutigen Bogengänge sowohl bei einem als bei mehreren Exemplaren verschieden ist. Aber auch bei der ersten Thiergruppe ist die Uebereinstimmung des relativen Längen- und Weitenmaasses, welche bei einigen Species sich findet, nur zufällig. Es ist nämlich bei den meisten Species dieser Gruppe der kürzeste starrhäutige Bogengang (der horizontale) auch zugleich der engste. Aber beim Hecht kehrt das Verhältnis der Längen sich um, indem der horizontale starrhäutige Bogengang der längste ist. Das Verhältnis der Weiten bleibt aber constant, der horizontale starrhäutige Bogengang bleibt der engste. Hierdurch wird mir bewiesen, dass jenes Zusammentreffen des engsten und kürzesten starrhäutigen Bogengangs nur zufällig ist. Wir sehen also, dass die Bogengangsweiten für ganze Gruppen von Thierklassen ein constantes, charakteristisches Verhalten zeigen, während dies für die Länge nicht der Fall ist.

Auch die Ampullenweiten, in der Ebene der Crista acustica gemessen, zeigen bei den verschiedenen Thierspecies ein regelmässiges Verhalten. Aus den Messungsresultaten muss man schliessen, dass die entsprechenden Ampullen verschiedener Exemplare die gleiche Weite haben. Kleine

Schwankungen finden sich ja in den Massen. Sie erklären sich aber völlig dadurch, dass naturgemäss nicht immer ganz die gleiche Schnittrichtung getroffen wurde. Eine Ausnahme bildet nur die Schildkröte, bei welcher die Exemplare mit längeren und, wie erwähnt, auch weiteren starrhäutigen Bogengängen auch die längeren und weiteren Ampullen haben.

Bei allen Species müssen ferner die 3 Ampullen je eines Exemplars für ziemlich gleich weit gelten. Auch hier kommen in den Messungsresultaten kleine Abweichungen vor, die auf Messungsfehler, besonders etwas verschiedene Schnittrichtung, zurückzuführen sind. Bei der ersten Thiergruppe nach der obigen Eintheilung ist die horizontale Ampulle wohl ein wenig enger als die beiden anderen. Der Weitenunterschied ist jedoch verhältnissmässig lange nicht so gross als derjenige zwischen den entsprechenden starrhäutigen Bogengängen und daher von unwesentlicher Bedeutung. Bei der zweiten Thiergruppe müssen alle 3 Ampullen aller Exemplare für gleich weit gelten, wie es sich aus den Messungen theils mit Sicherheit ergiebt, theils mit grosser Wahrscheinlichkeit.

Diesen Verhältnissen entsprechend haben wir auch wieder einen charakteristischen Unterschied zwischen jenen beiden Gruppen in Bezug auf den Quotienten von Ampullen- und Bogengangsweite. Bei der ersten Gruppe übertrifft nämlich die horizontale Ampulle ihren starrhäutigen Bogengang um das Doppelte bezw. die Hälfte Mal mehr an Weite (Flächeninhalt des Querschnitts), als die vordere und hintere Ampulle es thun. Während diese z. B. 4 Mal so weit sind als ihre starrhäutigen Bogengänge, ist die horizontale Ampulle 8 Mal so weit. Die Grösse dieser Quotienten muss als für die Species constant angesehen werden. In dieser Gruppe nimmt die Schildkröte eine gewisse Ausnahmestellung insofern ein, als die horizontale Ampulle ihren starrhäutigen Bogengang nur ganz wenig mehr an Weite übertrifft, als die anderen beiden Ampullen es thun, so dass die Schildkröte hierin einen gewissen Uebergang zu der anderen Gruppe bildet.

Bei dieser zweiten Gruppe übertreffen alle drei Ampullen ihre starrhäutigen Bogengänge um das gleiche Maass an Weite, auch ist dieser Quotient für die verschiedenen Exemplare einer Species von derselben Grösse, also für die Species charakteristisch.

Bezüglich der Grösse des Weitenunterschiedes zwischen Ampulle und Bogengang hebe ich noch hervor, dass dieser bei Vögeln und Säugern viel grösser ist als bei den anderen Thierclassen. Bei jenen übertrifft die Ampulle den starrhäutigen Bogengang etwa 10 Mal an Weite; bei diesen 3 bis 6 Mal. (Die horizontale Ampulle übertrifft ihren starrhäutigen Bogengang beim Dorsch und Hecht allerdings auch 8 bezw. 9 Mal an Weite.)

Name der Thiere	Länge der starrhäutigen Bogengänge in absolutem Maass in mm	Länge der starrhäutigen Bogengänge in relativem Maass	Länge der Gesammtbögen in absolutem Maass in mm	Länge der Gesammtbögen in relativem Maass	Länge d in absolutem Maa in mm
I. Fische.					
1. Dorsch, Gadus morrhua.					
3 grosse Expl. je 6 bis 7 Pfd.	17·6, 19·8, 15·5		34·9, 38·3, 29·3		2·772, 2·828, 2·4
1 kleines Expl. zu ca. $^1/_2$ Pfd.	9·0, 10·9, 7·8	115 : 130 : 100	17·4, 19·0, 14·0	120 : 133 : 100	1·944, 1·946, 1·9
2. Häring, Clup. hareng.					
3 Expl.	4·7, 5·5, 4·3	108 : 127 : 100	11·2, 10·8, 8·5	133 : 128 : 100	1·378, 1·374, 1·3
3. Hecht, Esox lucins.					
3 Expl.	10·6, 12·5, 16·9	63 : 74 : 100	22·0, 20·5, 24·2	91 : 85 : 100	2·607, 2·787, 2·7
4. Butt, Pleuronect. plut.					
7 Expl.	11·6, 11·6, 11·6 (zufällig)	—	21·4, 21·9, 18·9	115 : 118 : 100	2·178, 2·196, 1·9
II. Amphibien.					
1. Frosch, Ranid. escul.					
3 Expl.	3·6, 3·2, 4·5	81 : 72 : 100	7·3, 6·5, 7·9	93 : 83 : 100	0·880, 0·921, 0·9
III. Reptilien.					
1. Schildkröte, Testud. graec.					
3 Expl.	3·5, 3·2, 2·5	141 : 129 : 100	7·2, 6·8, 5·1	142 : 132 : 100	1·124, 1·299, 1·0
IV. Vögel.					
1. Taube.					
6 Expl.	14·0, 7·3, 9·2	154 : 80 : 100	—	—	1·467, 1·445, 1·3
2. Ente.					
4 Expl.	9·6, 6·1, 7·6	127 : 81 : 100	13·8, 9·6, 10·5	131 : 92 : 100	1·559, 1·578, 1·4
3. Huhn.					
4 Expl.	13·2, 8·2, 10·0	132 : 82 : 100	16·6, 11·7, 12·9	129 : 91 : 100	1·534, 1·489, 1·4
V. Säuger.					
1. Mensch.					
8 Expl.	13·1, 15·0, 11·5	115 : 131 : 100	21·7, 22·8, 16·5	132 : 139 : 100	2·252, 2·374, 2·3
2. Kalb.					
3 Expl.	11·2, 14·4, 9·7	118 : 152 : 100	20·8, 22·7, 14·4	146 : 160 : 100	2·400, 2·494, 2·3
3. Kaninchen.					
2 Expl.	10·1, 8·7, 8·3	122 : 105 : 100	14·7, 12·2, 11·2	131 : 109 : 100	1·234, 1·259, 1·1
4. Katze.					
1 Expl.	4—5, 4—5, 7·7	—	—	—	—

maasse.

mpullen n relativem Maass	Weite der starrhäutigen Bogengänge in absolutem Maass in qmm	 in relativem Maass	Weite der Ampullen in absolutem Maass in qmm	 in relativem Maass	Verhältniss der Bogengangsweite zur Ampullenweite
4 : 115 : 100 9 : 99 : 100	0·249, 0·213, 0·100	249 : 213 : 100	0·855, 0·870, 0·735	116 : 118 : 100	1:4·2, 1:4·6, 1:8·2
6 : 106 : 100	0·126, 0·123, 0·054	245 : 240 : 100	0·406, 0·423, 0·347	122 : 123 : 100	1:3·2, 1:3·5, 1:6
7 : 104 : 100	0·136, 0·138, 0·088	155 : 157 : 100	0·847, 0·803, 0·764	111 : 105 : 100	1:6·4, 1:6, 1:8·9
1 : 112 : 100	0·172, 0·156, 0·111	157 : 152 : 100	0·818, 0·780, 0·798	103 : 98 : 100	1:3·8, 1:4·8? 1:6·1
9 : 93 : 100	0·052, 0·056, 0·056	93 : 100 : 100	0·302, 0·292, 0·300	101 : 98 : 100	1:5·8, 1:5·2, 1:5·4
6 : 123 : 100	0·105, 0·102, 0·072	149 : 146 : 100	0·280, 0·295, 0·231	122 : 128 : 100	1:2·7, 1:2·9, 1:3·3
6 : 95 : 100	0·039, 0·041, 0·036	109 : 115 : 100	0·406, 0·399, 0·319	127 : 125 : 100	1:10, 1:10·5, 1:8·4
7 : 108 : 100	0·051, 0·048, 0·050	102 : 96 : 100	0·511, 0·476, 0·525	100 : 92 : 100	1:9·5, 1:9·7, 1:10
3 : 100 : 100	0·046, 0·047, 0·048	96 : 98 : 100	0·392, 0·412, 0·388	101 : 106 : 100	1:8·6, 1:8·3, 1:8·3
2 : 109 : 100	0·100, 0·103, 0·098	103 : 106 : 100	1·045, 1·086, 0·969	108 : 112 : 100	1:10·1 1:10·5 1:9·8
5 : 109 : 100	0·095, 0·095, 0·082	119 : 119 : 100	1·112, 1·080, 1·052	105 : 103 : 100	1:11·5, 1:10·3, 1:13·6
7 : 108 : 100	0·031, 0·037, 0·032	98 : 114 : 100	0·311, 0·325, 0·316	99 : 103 : 100	1:9·8, 1:8·3, 1:9·5
—	—	—	—	—	—

Der Cubikinhalt.

Im Cubikinhalt sehen wir die Verhältnisse der Weiten und Längen vereinigt. Nun zeigt das relative Maass der Weiten ein für ganze Gruppen von Classen charakteristisches Verhalten. Es empfiehlt sich daher, die Verhältnisse des Cubikinhaltes bei diesen Gruppen getrennt zu besprechen. Bei der zweiten oben erwähnten Thiergruppe (Amphibien, Vögel, Säuger) sind alle starrhäutigen Bogengänge aller Exemplare einer Species gleich weit, so dass ein gleiches Verhalten der Bogengangsweiten bei den verschiedenen Species besteht. Die Längenverhältnisse sind dagegen einerseits bei verschiedenen Species sehr verschieden, so dass die einzelnen ein verschiedensinniges relatives Maass der Bogengangslängen haben; andererseits unterliegen die Bogengangslängen auch schon bei den einzelnen Exemplaren einer Species individuellen Schwankungen des absoluten und relativen Maasses. Und diese Verschiedenheit der Längenverhältnisse muss auch im Cubikinhalt zum Ausdruck kommen, und zwar werden sie allein die Verschiedenheiten des Cubikinhaltes bedingen, da ja der andere Factor, die Weite, sich bei allen Species gleich verhält. Also wird bei jeder Species dieser Gruppe immer derjenige starrhäutige Bogengang den grössten Cubikinhalt haben, welcher am längsten ist, und umgekehrt. Innerhalb des für eine Species geltenden constant gleichsinnigen relativen Maasses werden wir dieselben individuellen Schwankungen für den Cubikinhalt finden wie für die Längenmaasse.

Dieselbe Regel gilt aus gleichen Gründen auch für den Cubikinhalt der Ampullen bei dieser Gruppe.

Bei der ersten Thiergruppe (Fische, Reptilien) sind aber die drei starrhäutigen Bogengänge ungleich weit, der horizontale ist ja immer bei Weitem der engste. Deshalb gewinnen bei dieser Gruppe auch die Weitenverhältnisse einen mitbestimmenden Einfluss auf die Verhältnisse des Cubikinhaltes. Bei den meisten Species dieser Gruppe treffen nun kürzester und engster starrhäutiger Bogengang zusammen, so dass dann der horizontale starrhäutige Bogengang besonders weit hinter den beiden anderen im Cubikinhalt zurückbleibt. Beim Hecht ist der engste, der horizontale Bogengang, aber am längsten, so dass sein Cubikinhalt hier demjenigen der anderen gleich ist. Im Uebrigen machen auch bei den einzelnen Species dieser Gruppe die individuellen Schwankungen der Längenmaasse ungeschwächt ihre Wirkung auf den Cubikinhalt geltend, während ja die Weite, als bei den entsprechenden starrhäutigen Bogengängen gleich, keine individuellen Schwankungen des Cubikinhaltes hervorrufen kann.

Für den Cubikinhalt der Ampullen gelten auch bei dieser Gruppe

dem Sinne nach gleiche Regeln wie für den Cubikinhalt der starrhäutigen Bogengänge.

Für den Quotienten zwischen Ampullen- und Bogengangscubikinhalt gilt allgemein die Regel, dass der starrhäutige Bogengang von dem kleinsten Kubikinhalt am meisten von seiner Ampulle an Cubikinhalt übertroffen wird. Bei den Thierspecies der ersten Gruppe mit Ausnahme des Hechtes haben vordere und hintere Ampulle etwas weniger Cubikinhalt als die entsprechenden starrhäutigen Bogengänge, die horizontale mehr; beim Hecht haben alle 3 Ampullen mehr Cubikinhalt.

Bei den Thieren der zweiten Gruppe haben alle Ampullen mehr Cubikinhalt als die zugehörigen starrhäutigen Bogengänge. Und zwar wird, wie erwähnt, derjenige starrhäutige Bogengang am meisten von seiner Ampulle an Cubikinhalt übertroffen, der den kleinsten Cubikinhalt hat, und dieser ist immer zugleich der kürzeste. Weitere allgemein gültige Regeln für das Verhalten des Cubikinhaltes aufzustellen, ist nicht möglich, da sein relatives Maass bei den einzelnen Species zu sehr wechselt, entsprechend den Verschiedenheiten des relativen Längenmaasses.

Die Weite der weichhäutigen Theile.

Die starrhäutigen Bogengänge und Ampullen stellen den specifischen Theil eines bogenförmigen Canalsystems dar, während die weichhäutigen Theile als den Kreis schliessende Verbindungsglieder dienen. Diese werden zum Theil gemeinsam von den verschiedenen Bogen benutzt. Die Weite der weichhäutigen Theile ist dieser Function, ein bequemes, nicht specifisches Verbindungsglied darzustellen, angepasst. Eine andere Bedeutung werden die weichhäutigen Teile für die Bogen kaum haben. Es ergaben sich folgende Regeln aus den Messungsresultaten, von denen übrigens nur wenige vorlagen. Der Alveus communis ist mindestens so weit wie der vordere und hintere starrhäutige Bogengang zusammen. Die Utriculusschenkel sind weiter als die Ampullen über der Crista acustica. Uebrigens nehmen der Alveus communis und die beiden Utriculusschenkel nach ihrem Centrum dem Antrum utriculi hin an Weite allmählich zu.

Nach dem vorstehenden Ergebniss der Messungen ist freilich das Verhalten einiger Dimensionen, vor Allem der Weiten, bemerkenswerth. Aber doch zeigt das Bogengangssystem bei den verschiedenen Thierspecies keine so gleichartige Dimensionen, dass wir deren Grösse als besonders wichtig für die physiologische Acustik hinstellen könnten. Wir müssen vielmehr den Schluss ziehen, dass die Dimensionen des Bogengangssystems nicht von grundlegender Bedeutung für seine physiologische Acustik sind.

Einige Skizzen zur Demonstration der Lage der häutigen in den knöchernen Gebilden.

Fig. 1. Dorsch.

Fig. 2. Hecht.

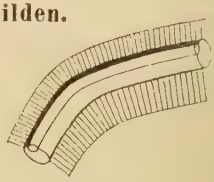

Fig. 3. Frosch.

Fig. 4. Taube.

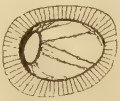

Fig. 5. Mensch.

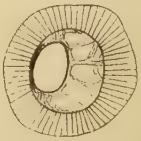

Fig. 6. Kalb.

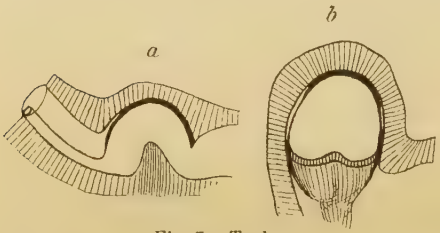

Fig. 7. Taube.

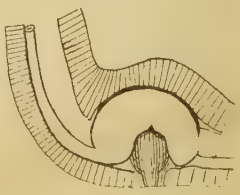

Fig. 8. Ente.

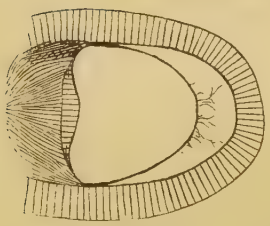

Fig. 9. Kalb.

Fig. 10. Mensch (makr.).

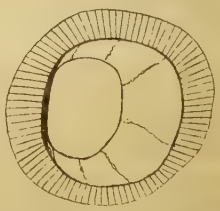

Fig. 12. Mensch (Alv. comm.).

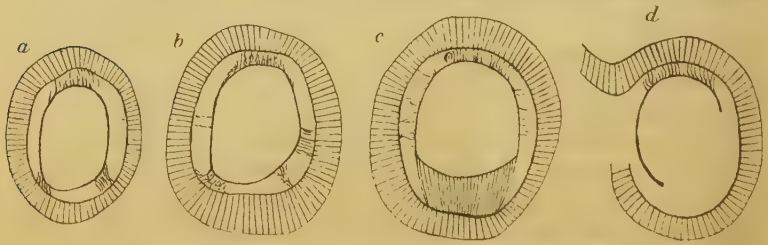

Fig. 11. Mensch (4 Serienschnitte durch eine Ampulle).

Knöcherne bezw. knorplige Canäle.

Es erübrigt mir jetzt noch, die Verhältnisse der knöchernen Canäle und ihre Beziehungen zu den häutigen Theilen zu besprechen. Die häutigen Theile des Bogengangssystems sind nicht bei allen Thierspecies von knöchernen bezw. knorpligen Canälen völlig eingeschlossen. Bei den Fischen ist nur eine kurze Strecke des starrhäutigen Bogengangs von einem knorpligen Canal eingeschlossen. Die Ampullen, der Utriculus mit dem Alveus communis und der von einem Canal nicht eingeschlossene Theil der starrhäutigen Bogengänge liegen in einer gemeinsamen weiten, perilymphatischen Kapsel, die gegen das Gehirn durch eine Bindegewebsmembran abgetrennt wird. Der vordere starrhäutige Bogengang des Hechtes ist überhaupt nicht von einem knorpligen Canal eingeschlossen, sondern liegt an der Aussenseite in einer seichten Knochenfurche, während die Innenseite überall direct in jene gemeinsame Kapsel hineinragt. Ebenso scheint mir bei der Schildkröte kein knorpliger Canal für den horizontalen starrhäutigen Bogengang vorhanden zu sein. Denn ich habe beim Herauspräpariren des häutigen Labyrinths nie einen knorpligen horizontalen Canal aufgeschnitten und doch stets einen völlig continuirlichen horizontalen starrhäutigen Bogengang erhalten. Ferner gewinnt es nach Schnitten durch die Ampullen mit dem umgebenden Knorpel am fixirten Präparat den Anschein, dass auch bei der Schildkröte die Ampullen nur von aussen mit Knorpel umgeben sind, so dass, ähnlich wie bei den Fischen die Ampullen, der Utriculus und der von einem Canal nicht umgebene horizontale starrhäutige Bogengang in einer gemeinsamen perilymphatischen Kapsel liegen, die aber hier durch eine knorplige Wand vom Gehirn geschieden ist.

Bei den übrigen Thierspecies (Frosch?, Vögeln und Säugern) sind alle Theile des Labyrinths von knöchernen bezw. knorpligen (beim Frosch) Canälen für sich eingeschlossen und zwar in ihrem ganzen Verlaufe, so dass wir hier zwei getrennte vollständige Röhrensysteme haben, einmal das der häutigen Bogen, und zweitens das der knöchernen Canäle. Die Länge der knöchernen Canäle deckt sich, wie wir in der Einleitung schon begründeten, ziemlich mit derjenigen der häutigen Bogen.

Die Lage der starrhäutigen Bogengänge in den knöchernen bezw. knorpligen Canälen ist bei allen Species dieselbe. Der starrhäutige Bogengang ist immer an seiner äusseren Seite sehr lose an der äusseren Wand des knöchernen Canals angeheftet. Von der freien, nicht anliegenden Wand des starrhäutigen Bogengangs ziehen mehr oder minder viele Bindegewebsfasern, event. auch ganze Bindegewebsbäumchen (wie z. B. beim Kalb), nach der Gegenwand des knöchernen Canals, event. begleitet von Gefässen. Man trifft diese durch das Lumen des knöchernen Canals ziehenden Fasern aber

nicht auf allen Schnitten. Die hierdurch bewirkte Anheftung des starrhäutigen Bogengangs an den Wänden des knöchernen Canals muss aber eine sehr zerreissliche sein, da sie der Herausnahme der häutigen Theile keinen wesentlichen Widerstand entgegensetzte. Nur bei den Säugethieren war dies zum Theil der Fall. Auf diese Lageverhältnisse beim Menschen hat schon C. Rutz[1] aufmerksam gemacht.

Die Weite des knöchernen Canals ist immer bedeutend grösser als diejenige des starrhäutigen Bogengangs. Bei einigen Thierspecies ist der Canal nur etwa 1 Mal so weit, bei anderen bis zu 20 Mal so weit. Es macht nicht den Eindruck, als wenn die Weite des knöchernen Canals von irgend welcher Bedeutung ist, zumal er ja ganz fehlen kann. (In der beigegebenen Tabelle sind die Weitenmaasse der knöchernen Canäle nicht aufgeführt.)

Die häutigen Ampullen und Utriculustheile sind, wie wir gesehen haben, bei Fischen und bei der Schildkröte nicht von knöchernen bezw. knorpligen Canälen eingeschlossen. Beim Frosch ist diese Untersuchung nicht geglückt. Bei Vögeln und Säugern dagegen sind die einzelnen Ampullen sowohl als auch die Utriculustheile von knöchernen Canälen umschlossen, welche die Fortsetzung der knöchernen Canäle der starrhäutigen Bogengänge bilden. — Das Lumen der knöchernen Utriculustheile wird nicht durch den häutigen Utriculus ausgefüllt. Dabei ist jedenfalls der häutige Alveus communis in derselben Lage und in gleicher Weise lose bindegewebig an den Knochen angeheftet, wie die starrhäutigen Bogengänge es sind. (Siehe Querschnitt durch den Alveus communis beim Menschen.) — Für die Ampullen liegen die Verhältnisse anders. Bei den Vögeln liegt die häutige Ampulle überall direct der Wand der knöchernen Ampulle an und ist an ihr meist ziemlich fest angeheftet. Nur ganz kleine unregelmässige Zwischenräume bleiben zwischen knöcherner und häutiger Ampulle offen. Es ist also das Röhrensystem der knöchernen Canäle durch die Einlagerung der häutigen in die knöchernen Ampullen unterbrochen, wenn auch durch die ganz geringen Zwischenräume eine gewisse Communication der beiden peripher von der Ampulle belegenen perilymphatischen Räume des Bogengangs einerseits und des Utriculus andererseits bestehen bleibt. — Bei den Säugethieren bleibt aber ein grösserer regelmässiger Zwischenraum zwischen knöcherner und häutiger Ampulle, so dass hier das Röhrensystem der knöchernen Canäle nicht unterbrochen ist. Beim Kalb ist das von der häutigen Ampulle nicht eingenommene Lumen der knöchernen Ampulle ebenso weit, wie das entsprechende der knöchernen Bogengänge; beim Menschen ist es allerdings nur halb so weit. Aber immerhin bildet es

[1] München 1875.

auch hier eine breite Communication für die beiderseits belegenen Lumina der knöchernen Canäle.

An der Aussenseite, derjenigen Seite, an welcher die Cristae acusticae liegen, sind auch die Ampullen an den Knochen angeheftet, so dass das freie Lumen der knöchernen Ampulle, ganz analog wie bei den knöchernen Bogengängen, sich über die häutige Ampulle an der inneren Seite hinzieht. (Vergl. das makroskopische Bild beim Menschen.) Von der freien Wand der häutigen Ampulle ziehen wieder Bindegewebsfasern zur gegenüberliegenden knöchernen Wand, die besonders an der der Crista acustica gegenüberliegenden Wand der häutigen Ampulle auffallend zahlreich sind. Die einzelnen Belege für das hier Gesagte ersieht man sofort aus den beigegebenen Abbildungen.

Nach den Ergebnissen der Untersuchung wäre es also bei den Säugethieren möglich, dass in dem nicht unterbrochenen freien Lumen des perilymphatischen Röhrensystems continuirliche acustische Schwingungen stattfänden. Bei den Vögeln sind aber acustische Schwingungen durch ein continuirliches Lumen eines perilymphatischen Röhrensystems nicht möglich, da dieses eben nicht besteht, sondern durch die häutigen Ampullen, welche das Lumen der knöchernen ganz einnehmen, unterbrochen wird. Diese bilden also ein Hemmniss für die continuirliche Fortpflanzung perilymphatischer Schwingungen.

Es ist mir noch eine angenehme Pflicht, Hrn. Prof. Dr. Hensen, in dessen Institut ich diese Arbeit ausführen durfte, auch an dieser Stelle für die freundliche Unterstützung bei dieser Arbeit zu danken. Auch Hrn. Prof. Dr. Klein bin ich für manche liebenswürdige Unterweisung zu Dank verpflichtet.

Lebenslauf.

Ich, Biner Wulf, bin am 18. November 1875 in Bredstedt als Sohn des Rectors J. Wulf geboren.

Michaelis 1895 bestand ich die Reifeprüfung am Meldorfer Gymnasium.

Ich studirte in Kiel und Freiburg i. B.

Am 11. April 1900 beendigte ich das medicinische Staatsexamen.